

# ホームネットワークにおけるデータ特性を考慮した SDN による優先度制御手法

## SDN Based Priority Control Method Considering Data Attributes for Home Network

国本 典晟 / Tensei Kunimoto

### 1 はじめに

近年、画像や動画などの大容量データの需要が急速に拡大し、多くの帯域を占めるようになってきている。また、IoT デバイスの増加とスマートホームの技術の進歩に伴い、ホームネットワークに接続するデバイスは増加し、ホームネットワークの内部および外部のインターネットの帯域の使用が増えることが予想される。一方、現在の ISP (Internet Service Provider) は、各家庭の総帯域を契約した帯域の範囲内で制御しており、要求される帯域が契約した帯域を上回る場合、特定アプリケーションやユーザの帯域を制御することで、ネットワーク全体の品質確保に努めている。しかし、そのような帯域制御は多様なサービスやデータの特徴を十分に考慮したものではないため、インターネットの需要の拡大に伴う帯域の逼迫に対応できず、ホームネットワークの通信の QoS 要件を著しく損なう可能性が危惧されている。

この問題の解決を目指して、ホームネットワークの通信のデータ特性を考慮し、QoS 要件を満たすよう SDN を用いて通信制御を行うネットワークアーキテクチャの研究が行われている。しかし、ホームネットワークの通信の QoS 要件は遅延、ジッタ、パケットロス率など複数あることや、サービスの優先度を

本研究では、ホームネットワークと ISP を繋ぐネットワークにおける、SDN を用いたアーキテクチャの優先度制御

によるインターネット全体の帯域の逼迫が問題になっているが、IoT デバイスの増加とスマートホームの技術の進歩に伴い、ホームネットワーク内部の帯域並びにホームネットワーク外部のインターネットの帯域の逼迫はより深刻化すると予想される。現在、ISP (Internet Service Provider) は各家庭の総帯域を契約した帯域の範囲内で制御しており、要求される帯域が回線の帯域を上回る場合、特定アプリケーションやユーザの帯域を制御することでネットワークの品質確保に努めている。しかし、そういった帯域制御は多様なサービスやトラフィックに最適化されたものではなく、IoT デバイスが要求する複数の QoS 要件を満たすことができない。

この問題の解決を目指して、IoT デバイスのサービスカ

表 1 スマートホームサービス向けに再定義された QCI

QCI	Priority	Device type	Resource Type	Packet Delay Budget	Packet Error Loss	Example Services
1	2	Non-M2M	GBR	100ms	$10^{-2}$	Conversational voice
2	3	Non-M2M	GBR	50ms	$10^{-3}$	Real time gaming
3	4	Non-M2M	GBR	150ms	$10^{-3}$	Conversational video
4	5	Non-M2M	GBR	300ms	$10^{-6}$	Non-conversational video (Buffered streaming)
5	1	M2M	Non-GBR	60ms	$10^{-6}$	Mission critical delay sensitive data transfer
6	6	Non-M2M	Non-GBR	300ms	$10^{-6}$	Video (Buffered streaming) TCP-based (for example, www, email, chat, ftp, p2p and the like)
7	7	Non-M2M	Non-GBR	100ms	$10^{-3}$	Voice, Video (Live streaming), Interactive gaming
8	8	M2M	Non-GBR	N/A	$10^{-6}$	Non mission critical delay insensitive data transfer

テゴリごとに適切な帯域を割り当てる管理アーキテクチャが提案されているが、複数の QoS 要件を満たすためのアルゴリズムが課題になっている。本研究では、アプリケーションの使用頻度を考慮した IoT デバイス管理アーキテクチャの実装と評価を行う。

### 2 関連研究

#### 2.1 SDN ベースの QoS を考慮した帯域管理フレームワーク

Jang らは、スマートホームのネットワークデバイスのための革新的なネットワーク管理モデルを開発する必要があるとして、SDN ベースの QoS を考慮した帯域管理フレームワークを提案した [1]。この研究では、QCI (3GPP LTE QoS Class Identifier) をスマートホーム向けのサービス用に表 1 のように再定義し、QCI サービスをパケット遅延の上限値に基づいて「高優先度クラス」「中優先度クラス」「低優先度クラス」の 3 つに分類することで各サービスの QoS の最適化を目指した。実験の結果、従来の ISP の帯域制御手法を上回る結果を得た。

## 2.2 AQRA

Deng らは, Jang らが提案したスマートホーム向けに再定義した QCI を利用して, AQRA (Application-aware QoS Routing Algorithm) を提案した [2]. AQRA では, 複数の QoS 要件を満たすフローの最適な経路の選択を SA アルゴリズムにより行った. また, 高優先度クラスに属するアプリケーションの QoS 要件の不満足を防ぐために, QoS を考慮したアドミッション制御を提案した. 実験の結果, QoS を考慮したアドミッション制御を行った AQRA は, 行わなかった AQRA と比較して高優先度クラスに属するアプリケーションの QoS の適合率は向上した一方で, 中優先度クラス及び低優先度クラスに属するアプリケーションの QoS の適合率は低下した.

## 3 提案手法

### 3.1 概要

これまで提案された帯域管理システムでは, QCI のリソースタイプに応じてアプリケーションを「高優先度クラス」「中優先度クラス」「低優先度クラス」の3つのクラスに分類していた. 高優先度クラスに属するのはガスセンサや侵入者アラームなどの非リアルタイムかつ遅延の許されないアプリケーションであり, 中優先度クラスに属するのは映像データや音声データなど, 遅延制限が厳しいリアルタイムサービスのアプリケーションである, 低優先度クラスの属するのは遅延の許されるアプリケーションである. 高優先度クラスに属するアプリケーションは必要時には十分な帯域が確保されるべきであるが, スマートホームのユーザの使用頻度は中優先度クラス及び低優先度クラスのアプリケーションの方が高く, 常に高優先度クラスのアプリケーションのために中優先度クラス及び低優先度クラスの帯域が犠牲になるのは QoE を著しく損なう. 本研究では, [2] で提案された QoS を考慮したアドミッション制御の見直しを行うとともに, アプリケーションの動作状態に応じてアドミッション制御の切り替えを行い, ユーザのアプリケーションの使用頻度を考慮した通信制御を行う.

### 3.2 実験環境

本研究で想定するアーキテクチャを図1に示す. 前提条件は以下の通りである.

- IoT アプリケーション・サービスはイーサネットを介してネットワーク層に接続している.
- IoT アプリケーションは Northbound API を介して SDN コントローラにメッセージを送信できる.
- SDN スイッチ間はイーサネットで接続されている.
- SDN スイッチは Southbound API を介して SDN コントローラと通信できる.
- SDN スイッチと IoT ゲートウェイはイーサネットで

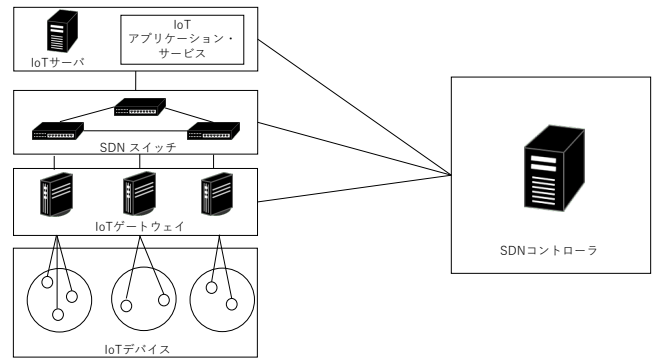


図1 提案システムのアーキテクチャ

接続されている.

- IoT ゲートウェイと IoT デバイスは無線通信技術で接続されている.

### 3.3 動作手順

動作手順を以下に示す.

1. 各 IoT アプリケーションは IoT アプリケーションサーバの IP アドレスとともに QCI を SDN コントローラに送信する.
2. IoT ゲートウェイは IoT デバイスからデータフローを受信すると, SDN コントローラに Packet In メッセージを送信する.
3. SDN コントローラは Packet In メッセージを受信すると以下の作業を実行する.
4. SDN コントローラは QCI に従いフローを分類する.
5. SDN コントローラはルーティングパスを計算しフローエントリを設定する.
6. SDN コントローラは QoS を考慮したアドミッション制御を IoT ゲートウェイに送信し, 優先度の低い IoT アプリケーションのアドミッションを制御する.

## 4 評価

### 4.1 評価方法

本研究で提案する帯域管理システムは QoS が向上することを目的とするため, 評価は平均転送率, 平均ジッタ, 平均遅延時間の測定により行う. その際, 高優先度クラスのアプリケーションのサービスが必要となった時は高優先度クラスのアプリケーションの QoS 要件を保証するが, 平常時はアプリケーションの使用頻度を考慮して, 中優先度クラス及び低優先度クラスの QoS 要件を保証できているかを評価する. また, 提案システムが膨大な数のスマートホームの管理を行った際に目的の通り QoS を保証できるかを確認するため, システムが管理するスマートホームと IoT デバイスの数が増加した場合の平均転送率, 平均ジッタ, 平均遅延時間の変化を評価する.

## 4.2 評価環境

評価環境を以下に示す.

- SDN コントローラには OpenDaylight Neon を用いる.
- エミュレータには Mininet を用いる.
- IoT デバイスは 30 台~100 台で変化させる.
- 高優先度クラスのフローは 30 %とする.
- 中優先度クラスのフローは 40 %とする.
- 低優先度クラスのフローは 30 %とする.

## 5 まとめと今後の課題

本研究では, [2] で提案された QoS を考慮したアドミッション制御の見直しと切り替えを行うことで, アプリケーションの使用頻度を考慮した通信制御を行い, 帯域の効率的な活用及びスマートホームのサービスの複数の QoS 要件の満足を目的とする.

今後の課題として, QoS を考慮したアドミッション制御の具体的な改善案や, アドミッション制御の切り替えの基準を考える必要がある.

## 参考文献

- [1] Hung-Chin Jang and Jian-Ting Lin, SDN Based QoS Aware Bandwidth Management Framework of ISP for Smart Homes, 2017 IEEE SmartWorld/SCALCOM/UIC/ATC/CBDCom/IOP/SCI, 2017/8
- [2] Guo-Cin Deng and Kuochen Wang, An Application-aware QoS Routing Algorithm for SDN-based IoT Networking, 2018 IEEE ISCC, p186-191, 2018/6